Aus dem Institut und der Klinik
für Medizinische Strahlenkunde
der Universität Düsseldorf

(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Vieten)

Auswertung der Sachverständigenprüfungen von Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein-Westfalen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dorothee Sprenger

1980

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536504_0117

Aus dem Institut und der Klinik
für Medizinische Strahlenkunde
der Universität Düsseldorf

(Direktor: Prof. Dr. med. Heinz Vieten)

Auswertung der Sachverständigenprüfungen von Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein-Westfalen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin.
Der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dorothee Sprenger

1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf

Der Dekan
der Medizinischen Fakultät
der Universität Düsseldorf

gez.: Prof. Dr. Straßburg

Referent
gez.: Prof. Dr. Günther

Korreferent
gez.: Prof. Dr. Jungblut

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Rechtliche Grundlagen	2
3.	Sachverständigentätigkeit	5
4.	Strahlenschutzverantwortlichkeit	10
5.	Vergleich zwischen den Gerätetypen in den Universitätskliniken und den übrigen Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen	13
6.	Ergebnisse der Sachverständigen-prüfungen im Land Nordrhein - Westfalen	15
7.	Gonadenexposition durch die medizinische Anwendung von Röntgenstrahlen	18
8.	Anteil der durch Mängel an Röntgen-einrichtungen bedingten Gonadendosen an der Gesamtgonadenexposition	23
9.	Zusammenfassende Diskussion	38
	Anhang	41
	Literaturverzeichnis	46

1. EINLEITUNG

In der Röntgenverordnung (RöV) / 1 /, seit dem 1.9.1973 in Kraft - bis zu diesem Zeitpunkt existierte keine Verordnung für den medizinischen Bereich - ist festgelegt (§4 Abs.1 RöV), daß alle Röntgeneinrichtungen von Sachverständigen dahingehend überprüft werden müssen, ob "die Einrichtungen vorhanden und Maßnahmen getroffen sind, die bei dem beabsichtigten Betrieb der Röntgeneinrichtung für einen ausreichenden Schutz vor Strahlenschäden an Leben, Gesundheit und Sachgütern erforderlich sind" (§4 Abs.1 Nr.2 Buchst.b RöV). Die Bedeutung dieser Maßnahme wird besonders durch die Tatsache deutlich, daß die durch Anwendung der Röntgenstrahlung in der Diagnostik bedingte genetisch signifikante Dosis* der Bevölkerung der Bundesrepublik im Jahr 1975 mit 50 mrem mehr als ein Drittel der gesamten natürlichen und zivilisatorischen Strahlenbelastung ausmachte / 2,3,4 /. Dieser Wert kann sicherlich durch Abstellung aller bei den Sachverständigenprüfungen festgestellten Mängel besonders an der Vielzahl älterer Geräte reduziert werden. Ziel dieser Arbeit ist neben der Darstellung der Überprüfungs-

---

* Die genetisch signifikante Dosis (GSD) ist nach DIN 6814 Blatt 5 folgendermaßen definiert: "Die genetisch signifikante Dosis ist die Summe der mit dem genetischen Bedeutungsfaktor multiplizierten Keimdrüsendosen für alle Angehörigen einer anzugebenden Personengruppe bei einer anzugebenden Bestrahlungsart, dividiert durch die Gesamtzahl der Bevölkerung oder speziellen Bevölkerungsgruppe, der die von der Bestrahlung betroffenen Personen zugehören."

ergebnisse eine Abschätzung, um wieviel die GSD von 50 mrem im Jahr 1975 inzwischen durch die Abstellung nahezu aller festgestellten Mängel gesenkt werden konnte. Damit läßt sich die Effektivität der Sachverständigenprüfungen deutlich demonstrieren.

Im Land Nordrhein - Westfalen existieren ca. 600 Krankenhäuser einschließlich Sanatorien und Universitätskliniken etc., deren ca. 5000 Röntgeneinrichtungen seit dem 1.9.1973 von 5 verschiedenen Sachverständigeninstitutionen (Technische Überwachungsvereine in Essen, Köln und Hannover sowie behördliche Stellen, Staatliches Materialprüfungsamt, Dortmund und Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Düsseldorf) überprüft worden sind. Im folgenden wird über die rechtlichen Grundlagen dieser Überprüfungen, deren Ergebnisse und ihre Auswirkungen auf die Strahlenexposition der Patienten und des Personals (Ärzte, Assistenten etc.) berichtet.

2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Im Atomgesetz (AtG) vom 23.12.1959 (4. Neufassung vom 31.10.1976 / 5 /) ist für die Bundesregierung die Verpflichtung festgelegt, detaillierte Verordnungen wie die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) / 6 / und die Röntgenverordnung (RöV) zu erlassen. Während die StrlSchV im wesentlichen den Umgang mit radioaktiven Stoffen und die Errichtung bzw. den Betrieb von Anlagen zur Erzeugung von ionisierenden Strahlen (u.a. auch Beschleunigern in der Medizin) reglementiert, bezieht sich die Gültigkeit der RöV auf Röntgeneinrichtungen und Störstrahler (Definition in §2 RöV), und zwar nach §1 RöV für einen Energiebereich der

beschleunigten Elektronen von 5 keV bis 3 MeV. Die §§ 3 und 4 RöV gehen auf das Genehmigungs- und Anzeigeverfahren ein, wobei als Kriterium für den genehmigungsfreien Betrieb (d.h. Anzeige nach §4 Abs.3 RöV) der medizinische Röntgenstrahler* nach §§ 7 ff RöV bauartzugelassen sein muß. Die Bauartzulassung garantiert, daß die Gehäusedurchlaßstrahlung in 1 m Entfernung vom Fokus ganz bestimmte, in der Anlage I der RöV festgelegte Werte (z.B. für Diagnostikstrahler 100 mR/h = 7,2 nA/kg) nicht überschreitet. Diese Regelung gilt zwar rein formal nach der RöV nur für die medizinischen Röntgenstrahler, die nach dem 1.9.1973 in Betrieb genommen wurden, doch haben viele Hersteller auch schon vor diesem Zeitpunkt diese Bedingung erfüllt. Diese sogenannten "alten" medizinischen Strahler können in jedem Fall genehmigungsfrei weiterbetrieben werden (Übergangsvorschrift §49 Abs. 1 RöV).

Im Rahmen des Anzeigeverfahrens nach §4 Abs. 1 RöV wird explizit eine Prüfung durch einen Sachverständigen verlangt, während das Genehmigungsverfahren nach §3 RöV dies nicht so ausdrücklich bestimmt. Allerdings fordert auch die Genehmigungsbehörde in der Regel eine Sachverständigenprüfung, eine Maßnahme, die durch den Inhalt des §3 Abs.2 Nr.4 RöV begründet ist. Für die vor Inkrafttreten der RöV schon betriebenen Röntgeneinrichtungen wurde in der Übergangsvorschrift (§49 Abs.1 RöV) ein auf 3 Jahre befristeter Zeitraum gewährt, in dem diese Geräte überprüft werden sollten. Röntgeneinrichtungen, die neu in Betrieb gehen, müssen allerdings vor Inbe-

---

*Röntgenstrahler = Röntgenröhre + Röhrenhaube

triebnahme von einem Sachverständigen überprüft werden.

Für die praktische Durchführung der Sachverständigenprüfung existiert eine Richtlinie / 7 /, die ein einheitliches Vorgehen aller Sachverständigen in der Bundesrepublik garantieren soll. Die Grundlagen für diese Richtlinie, die seither einige Änderungen erfahren hat, bilden im wesentlichen die DIN - Vorschriften 6811, 6812, 6813 und 6815 / 8,9,10,11 /. In Zweifelsfällen entscheidet nicht die DIN sondern die Richtlinie. Aufgabe des Sachverständigen ist demnach im wesentlichen die Überprüfung des baulichen und gerätetechnischen Strahlenschutzes sowie die Beurteilung von Schutzkleidung für Patient und Personal, die Feststellung von Kennzeichnungen der Kontrollbereiche und die Unterrichtung über die Durchführung der Personendosimetrie. Der Bericht des Sachverständigen erfolgt in zweifacher Ausfertigung, wobei ein Exemplar beim Betreiber verbleibt und das andere von diesem an die Aufsichtsbehörde gesandt werden muß. Im Land Nordrhein - Westfalen liegen Aufsichts- und Genehmigungsfunktion bei den Staatlichen Gewerbeaufsichtsämtern. Nur diese entscheiden über mögliche Konsequenzen aus den Sachverständigenberichten. Für die Überprüfung des organisatorischen Strahlenschutzes - d.h. die Einhaltung der Bestimmungen der RöV - ist nur das örtlich zuständige Staatliche Gewerbeaufsichtsamt, nicht der Sachverständige zuständig.

Die bei der Überprüfung festgestellten Mängel werden entsprechend ihrer Gewichtigkeit in Bezug auf den Strahlenschutz in drei Kategorien eingeteilt. Diese drei verschiedenen Mängelkategorien haben folgende Konsequenzen für den Betreiber:

Kategorie I: Nach Abstellung des Mangels ist eine erneute Sachverständigenprüfung erforderlich; erst danach

kann die nach §4 Abs.1 RöV erforderliche Bescheinigung erteilt werden.

Kategorie II: Die Bescheinigung wird erst dann erteilt, wenn der Betreiber dem Sachverständigen schriftlich die Abstellung des Mangels mitgeteilt hat.

Kategorie III: Die Bescheinigung wird zwar sofort erteilt; trotzdem muß der Mangel aber abgestellt werden.

Im Anhang zu dieser Arbeit wird eine Aufzählung aller Mängel und die Zuordnung zu den verschiedenen Kategorien gegeben, wobei die in eckigen Klammern vor den Mängeln angegebenen arabischen Ziffern 1 bis 3 den Mängelkategorien I bis III entsprechen.

3. SACHVERSTÄNDIGENTÄTIGKEIT

Im Land Nordrhein - Westfalen wird die Überprüfung der Röntgeneinrichtungen von den 5 in der Einleitung erwähnten Sachverständigen durchgeführt, die gemäß des rein statistisch - neutralen Charakters dieser Arbeit im folgenden nur mit den arabischen Ziffern 1 bis 5 bezeichnet werden. Alle 5 Sachverständigen mußten infolge der großen Zahl der Röntgeneinrichtungen die in §49 Abs.1 RöV vorgesehene Zeit von 3 Jahren für die Überprüfung der "alten" Röntgeneinrichtungen bis zum 31.12.1978 ausdehnen.

Da den verschiedenen Sachverständigen sicherlich trotz der Existenz der Richtlinie ein nicht zu unterschätzender Ermessensspielraum bei der Beurteilung der Röntgeneinrichtungen verbleibt, zeigen sich in Tab.1 geringe aber z.T. signifikante Unterschiede im Vergleich zwischen den 5 Sachverständigeninstitutionen.

a) Die Zahl der pro Gerät festgestellten Mängel liegt zwischen 0,9 und 2,2 (Mittelwert für die

5 Sachverständigen: 1,5 Mängel pro Gerät).

b) Signifikante Unterschiede zeigt auch die Zahl der nicht abgestellten Mängel pro Gerät, das bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung hatte. Hier bewegen sich die Werte zwischen 1,7 und 2,7 Mängel pro Gerät, wobei der Mittelwert bei 2,2 liegt. (Die Mängel der Kategorie III wurden nicht mitgezählt, da ihre Abstellung entsprechend der in der Richtlinie festgelegten Konsequenzen (s.S.5) so ohne weiteres nicht registriert oder überprüft werden kann.)

c) Auch der prozentuale Anteil der Geräte, die bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung hatten, an der Gesamtzahl der überprüften Geräte fällt für die einzelnen Sachverständigen unterschiedlich aus. Die Werte liegen zwischen 13,3% und 21,6%.

In Abb.1a sind die prozentualen Anteile der drei Mängelkategorien an den Gesamtzahlen der von den 5 Sachverständigen festgestellten Mängel dargestellt. Dabei fällt der größere Anteil der Mängel der Kategorie II zu Lasten der Mängel der Kategorie III bei dem Sachverständigen Nr. 3 und der vergleichsweise hohe Prozentsatz der schwerwiegenden Mängel der Kategorie I bei dem Sachverständigen Nr. 2 auf. Trotz dieser signifikanten, durch die Existenz mehrerer Sachverständigeninstitutionen mit teilweise unterschiedlich strukturierten Organisationsformen zu begründenden Unterschiede kann aber doch gesagt werden, daß die beiden Sachverständigengruppen - d.h. Technische Überwachungsvereine bzw. behördliche Institutionen - im Land Nordrhein - Westfalen verhältnismäßig einheitlich bei den Überprüfungen vorgegangen sind. Diese Tatsache ist sowohl durch das

Sach-verständiger	Zahl der überprüften Geräte	Anteil der Geräte, die bis zum 31.12. 1978 noch keine Bescheinigung hatten (in % der insgesamt überprüften Geräte)	Zahl der pro Gerät fest-gestellten Mängel der Kategorien I, II und III	Zahl der nicht abgestellten Mängel pro Gerät, das bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung hatte (Mängel der Kategorien I und II)
1	1218	13,3	1,5	2,5
2	687	17,6	2,2	2,7
3	320	21,6	2,0	2,3
4	320	14,1	0,9	1,8
5	2480	14,0	1,0	1,7

Tab.1: Vergleich der Zahl der überprüften Geräte und der Häufigkeit der festgestellten Mängel bei den fünf Sachverständigen des Landes Nordrhein - Westfalen

Vorliegen der Richtlinie als auch durch die regelmäßig (ein- bis zweimal pro Jahr) stattfindenden Besprechungen der Sachverständigen des Landes Nordrhein - Westfalen zu begründen.

Von den insgesamt 5782 in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen festgestellten Mängeln wurden bis zum 31.12.1978 1565 (d.h.27%) noch nicht abgestellt. Diese Zahlen beziehen sich aus oben genannten Gründen nur auf die Mängel der Kategorie I und II. Abb.1b zeigt, daß der Anteil der Mängelkategorien an der Gesamtzahl der bis zum 31.12.1978 noch nicht abgestellten Mängel bei den verschiedenen Sachverständigen leichte Unterschiede aufweist. Den höchsten Anteil an Mängeln der Kategorie II weist der Sachverständige Nr. 4 auf, der mit 97,6% deutlich über dem Mittel von 90,8% liegt. Dagegen fällt beim Sachverständigen Nr. 3 der hohe Prozentsatz der Mängelkategorie I besonders auf. Auch die Folgerungen aus Abb.1b lassen ähnlich wie diejenigen aus Abb.1a erkennen, daß ein Betreiber von Röntgeneinrichtungen zwar in einigen Details je nach Sachverständigeninstitution mit einer gewissen unterschiedlichen Beurteilung seiner Anlagen rechnen muß, daß aber auf der anderen Seite in der Gesamtkonzeption die Idee der Richtlinie, bei Sachverständigenprüfungen nach §4 Abs.1 RöV einheitlich vorzugehen, weitgehend gewahrt ist.

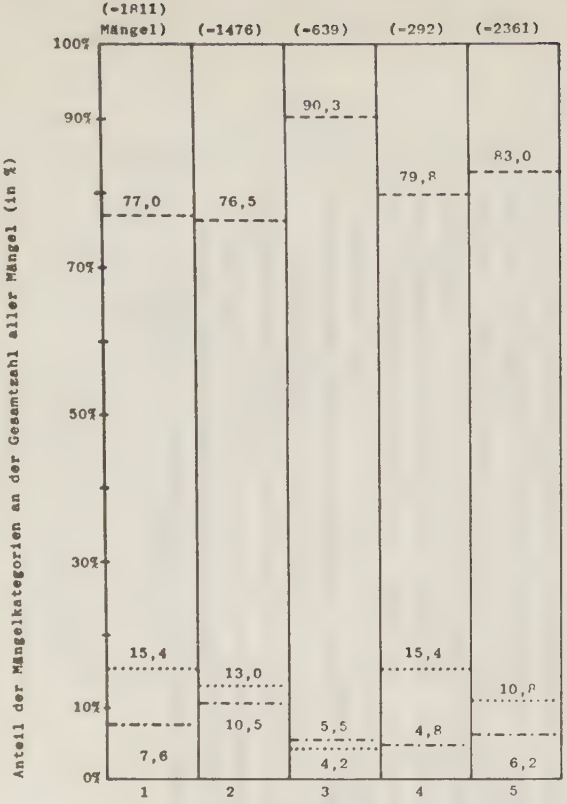

Abb.1a: Übersicht über die prozentuale Verteilung der Mängelkategorien bei den fünf Sachverständigen des Landes Nordrhein - Westfalen

----: Mängelkategorie II
....: Mängelkategorie III
-.-.: Mängelkategorie I

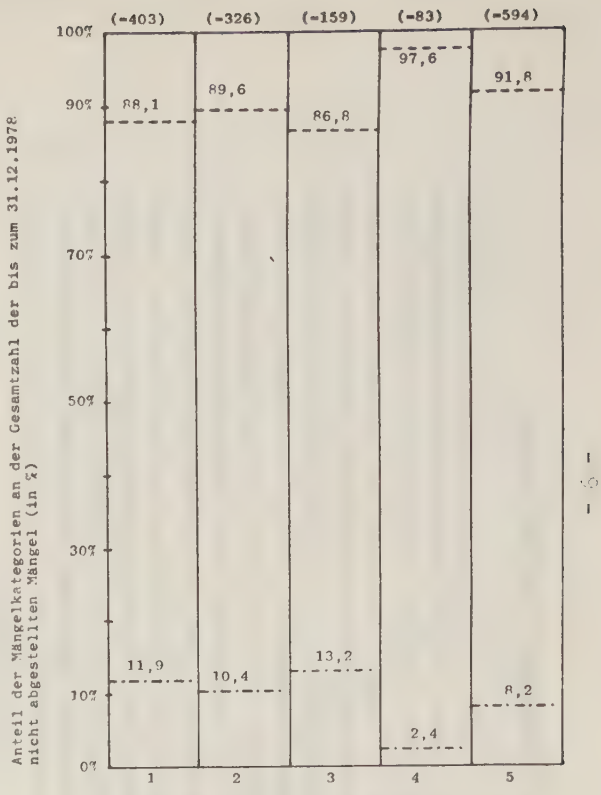

Abb.1b: Übersicht über die prozentuale Verteilung der bis zum 31.12.1978 noch nicht abgestellten Mängelkategorien bei den fünf Sachverständigen des Landes Nordrhein - Westfalen

----: Mängelkategorie II
-.-.: Mängelkategorie I

4. STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHKEIT

Abb. 2 soll die Verteilung der Zahl der Röntgeneinrichtungen auf die Krankenhäuser zum Ausdruck bringen. Dabei sind die 6 Universitätskliniken des Landes Nordrhein - Westfalen nur in dieser Abb. aus zeichentechnischen Gründen nicht enthalten; sie betreiben jeweils 50, 83, 105, 115, 117 und 118 Röntgeneinrichtungen. Es stellt sich heraus, daß 357 Krankenhäuser - d.h. etwa 60% der insgesamt überprüften - zwischen 2 und 7 Einrichtungen besitzen. Das bedeutet, daß die "Grundausstattung" für die Mehrzahl der Krankenhäuser in etwa zwischen einem Durchleuchtungsgerät plus einem stationären Aufnahmearbeitsplatz und zwei Durchleuchtungsgeräten, zwei stationären Aufnahmearbeitsplätzen, zwei chirurgischen Bildverstärkern plus einem mobilen Aufnahmearbeitsplatz variiert.

Als für den Strahlenschutz Verantwortliche ("Strahlenschutzverantwortliche") für den Betrieb von Röntgeneinrichtungen gelten nach §11 RöV der Betreiber, also der Krankenhausträger, sowie von diesem für die Leitung oder Beaufsichtigung bestellte und bei der Aufsichtsbehörde mit Angabe des innerbetrieblichen Entscheidungsbereiches und Nachweis der Strahlenschutzfachkunde anzuzeigende Verantwortliche. Da die Sachverständigen im Rahmen ihrer Besichtigungen die Strahlenschutzverantwortlichkeit für jede einzelne Röntgeneinrichtung festgehalten haben, können daraus zwei besonders wichtige Probleme erkannt werden:

a) Für die Zeit der Abwesenheit eines Strahlenschutzverantwortlichen infolge von Urlaub, Krankheit oder Fortbildungsveranstaltungen können häufig keine Vertreter benannt werden.

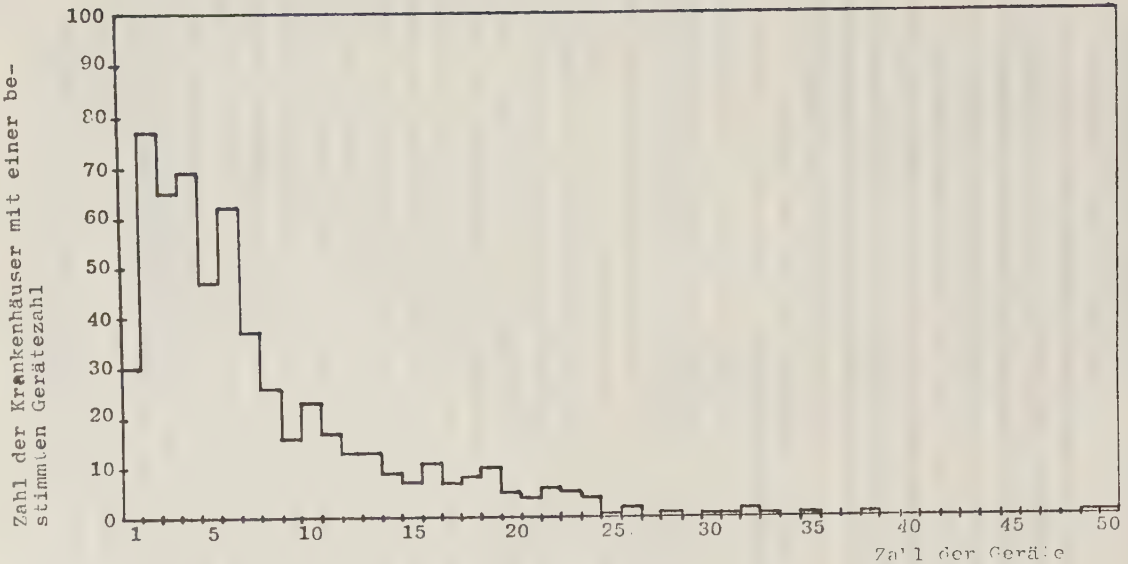

Abb .2: Die Verteilung der Röntgeneinrichtungen auf die Krankenhäuser des Landes Nordrhein - Westfalen (ausgenommen Universitätskliniken)

b) In vielen Fällen ist ein Verantwortlicher für sehr viele Geräte oft unterschiedlichster Anwendungsarten (z.B. Radiologie, Chirurgie) zuständig, was naturgemäß zu einer fachlichen und juristischen Überforderung führen muß.

Wie aus Abb.3 hervorgeht betreuen z.B. 55 Verantwortliche 15 und mehr Geräte. Als Lösung dieses Problems bietet sich sowohl die Verteilung der Verantwortlichkeit auf die verschiedenen örtlich getrennten Bereiche (z.B. Diagnostik, Chirurgie, Therapie, Nuklearmedizin) als auch auf Teilbereiche der Gesamtverantwortlichkeit (z.B. die Organisation der Personendosimetrie nach §40 RöV, die Durchführung der Aufzeichnung nach §29 RöV und der Belehrung nach §41 RöV) an.

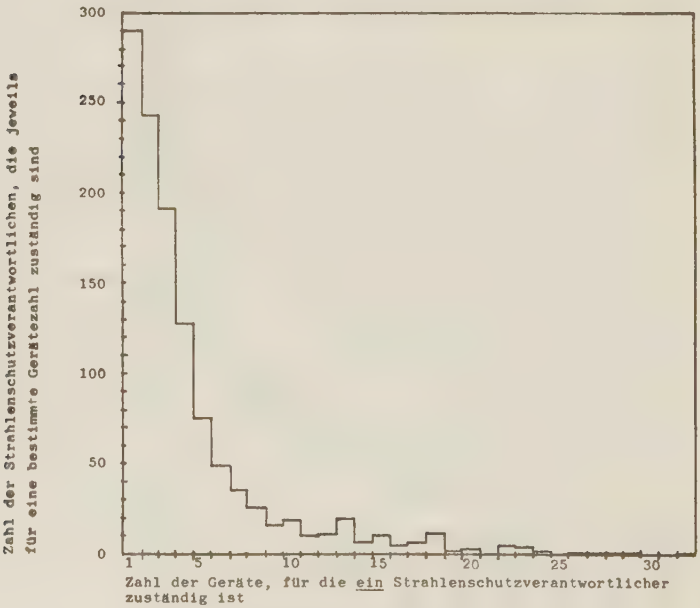

Abb.3: Die Verteilung der Röntgengeräte auf die Strahlenschutzverantwortlichen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen

5. VERGLEICH ZWISCHEN DEN GERÄTETYPEN IN DEN UNIVERSITÄTSKLINIKEN UND DEN ÜBRIGEN KRANKENHÄUSERN DES LANDES NORDRHEIN - WESTFALEN

In Tab.2 sind die prozentualen Anteile der verschiedenen Gerätetypen an der Gesamtzahl der Röntgeneinrichtungen in den Universitätskliniken bzw. den Krankenhäusern aufgelistet. Der Anteil der Durchleuchtungsgeräte liegt in den Krankenhäusern mit 19,9% deutlich über dem entsprechenden Wert von 13,2% in den Universitätskliniken, was durch die häufigeren Routine - Durchleuchtungen in den Krankenhäusern begründet werden kann.

Andererseits ist auffällig, daß in den Universitätskliniken die für spezielle Untersuchungen notwendigen Geräte signifikant häufiger zu finden sind. So weisen die Anteile an Simulatoren (1,5% in den Universitätskliniken gegenüber 0,3% in den Krankenhäusern), an Angiographiegeräten (10,7% zu 5,2%) und an Computer - Tomographen (1,9% zu 0,1%) auf eine Überlegenheit in der speziellen Ausstattung der Universitätskliniken hin. Umgekehrt stehen ältere Typen oder Geräte mit inzwischen überholter Technik häufiger in den Krankenhäusern, wie die Prozentsätze der Durchleuchtungsgeräte mit Leuchtschirm (3,4% in den Krankenhäusern und 0,3% in den Universitätskliniken) und der konventionellen Halbtiefen- und Tiefentherapiegeräte (2,4% zu 1,5%) beweisen. Erwähnenswert scheint auch noch der Unterschied in der Zahl der Mammographiegeräte zu sein, die mit 3,3% in den Krankenhäusern wegen der Bevorzugung routinemäßiger Untersuchungen im Rahmen der Krebsvorsorge den relativen Anteil von 1,7% in den Universitätskliniken übersteigen.

	Gesamtzahl aller Röntgengeräte	Anteil der Gerätetypen an der Gesamtzahl aller Geräte (in %)											
		DL+BV	DL+L	CBV	SIM	ANG	St.A	Mb.A	Sch.A	CT	MA	DEN	OK-T	HT-T
Universitätskliniken	588	12,9	0,3	11,6	1,5	10,7	25,0	14,1	7,5	1,9	1,7	8,7	2,6	1,5
Krankenhäuser	4437	16,5	3,4	18,0	0,3	5,2	23,0	15,2	6,5	0,1	3,3	3,0	3,1	2,4

Tab.2: Vergleich der Röntgengeräteausstattung in den Universitätskliniken und übrigen Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen

DL+BV: Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker - Fernsehkette
DL+L: Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm
CBV: Chirurgischer Bildverstärker
SIM: Simulator
ANG: Angiographiegerät
St.A: Stationärer Aufnahmearbeitsplatz
Mb.A: Mobiler Aufnahmearbeitsplatz
Sch.A: Schichtaufnahmegerät
CT: Computer - Tomograph
MA: Mammographiegerät
DEN: Dentales Röntgengerät
OK-T: Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät
HT-T: Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät (konventionell)

6. ERGEBNISSE DER SACHVERSTÄNDIGENPRÜFUNGEN IM LAND NORDRHEIN - WESTFALEN

Seit dem Inkrafttreten der Röntgenverordnung wurden insgesamt 5025 Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen strahlenschutztechnisch überprüft, von denen 745, entsprechend 14,8%, bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung im Sinne des §4 Abs.1 RöV hatten. Tab.3 zeigt die Verteilung der Gesamtzahl der Geräte auf die verschiedenen Typen und den prozentualen Anteil der jeweils bis zum 31.12.1978 noch ohne Bescheinigung gebliebenen Geräte.

Insgesamt wurden an diesen 5025 medizinischen Röntgeneinrichtungen 6579 Mängel festgestellt. Davon entfielen 487 auf die Kategorie I (hohe Strahlenschutzrelevanz), 5295 auf die Kategorie II (mittlere Strahlenschutzrelevanz) und 797 auf die Kategorie III (geringe Strahlenschutzrelevanz). 154, d.h. 31,6%, der Mängel der Kategorie I und 1411, entsprechend 26,7%, der Mängel der Kategorie II waren bis zum 31.12.1978 noch nicht abgestellt, so daß eine durch die Überprüfungen bewirkte größtmögliche Reduzierung der Strahlenexposition bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegen konnte.

Tab.4 gibt einen Überblick über die prozentuale Verteilung der verschiedenen Mängelgruppen auf die einzelnen Arbeitsplätze. Da die jeweiligen Werte angeben, wie groß der prozentuale Anteil des betreffenden Gerätetyps an dieser Mängelgruppe ist, bedeutet eine Angabe von über 100%, daß im Mittel jedes Gerät dieses Typs mehr als einen Mangel aus dieser Mängelgruppe aufgewiesen hat.

Gerätetyp	Gesamtzahl der überprüften Geräte	Anteil der Geräte, die bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung hatten in % der überprüften Geräte des Typs
Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker - Fernsehkette	809	13,8
Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm	153	24,8
Chirurgischer Bildverstärker	866	20,2
Simulator	21	19,1
Angiographiegerät	292	9,9
Stationärer Aufnahmearbeitsplatz	1168	13,6
Mobiler Aufnahmearbeitsplatz	758	12,8
Schichtaufnahmegerät	332	12,7
Computer-Tomograph	17	5,9
Mammographiegerät	157	7,6
Dentales Röntgengerät	183	14,8
Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät	152	15,1
Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät	117	22,2

Tab.3: Gesamtzahl der einzelnen Gerätetypen in Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen und deren Anteil, die bis zum 31.12.1978 noch keine Bescheinigung hatten

Gerätetyp	Mängelgruppe							
	Bauart-zulassung	Baulicher Strahlen-schutz	Gerätetechnische Mängel der Kategorie		Patienten-schutz-kleidung	Personal-schutz-kleidung	Personen-dosimetrie	Kenn-zeich-nungen
			I	II				
DL+BV	1,4	5,4	2,8	53,3	11,7	3,1	20,4	33,7
DL+L	0,7	9,8	15,0	186,3	20,9	14,4	33,3	38,6
CBV	3,0	0,3	5,3	81,5	12,2	14,8	34,9	39,0
SIM	14,3	4,8	4,8	28,6	9,5	4,8	-	42,9
ANG	0,3	2,4	5,1	26,4	11,3	1,7	12,0	34,2
St.A	1,8	7,7	0,5	38,8	18,8	2,5	9,0	34,4
Mb.A	2,1	0,7	1,2	44,2	11,7	3,6	11,3	27,7
Sch.A	2,1	8,4	2,1	38,9	15,4	1,2	7,2	33,4
CT	5,9	-	-	5,9	11,8	5,9	-	11,8
MA	1,3	1,3	0,6	10,8	10,2	0,6	5,7	26,1
DEN	2,2	0,5	8,7	25,7	22,4	-	-	30,6
OK-T	0,7	11,2	4,6	28,3	5,9	0,7	8,6	38,8
HT-T	0,9	28,2*	29,1	21,4	6,0	-	6,0	34,2

*Hinzu kommen 44,4% Mängel an Türkontakten

Tab.4: Verteilung der Mängelgruppen auf die Gerätetypen (Angaben in %) (Erklärungen s.S.14 und 23)

7. GONADENEXPOSITION DURCH DIE MEDIZINISCHE ANWENDUNG VON RÖNTGENSTRAHLUNG

Es muß unterschieden werden zwischen der Strahlenexposition der Patienten und derjenigen des Personals, wobei sich diese Gruppe wiederum aufteilt in beruflich Strahlenexponierte und nicht beruflich Strahlenexponierte. Im medizinischen Betrieb bilden die letztgenannten deutlich die Mehrzahl. Laut §2 Abs.1 RöV ist der Begriff der beruflichen Strahlenexposition mit einem "gewöhnlichen" Aufenthalt von Personen im Kontrollbereich verknüpft. Nun stellt sich die Frage, wann ein gewöhnlicher Aufenthalt in einem Kontrollbereich vorliegt. Dies ist nach §15 Abs.1 RöV sicherlich dann erfüllt, wenn Personen eine Äquivalentdosis von mehr als 1,5 rem (15 mJ/kg) im Jahr erhalten können. Mit Äquivalentdosis, dem Produkt aus Energiedosis (Einheit: Rad) und dem Bewertungsfaktor q (für Röntgenstrahlung gilt: q = 1), ist hier nicht die mit dem Personendosimeter gemessene Personendosis*, sondern die strahlenbiologisch relevante Körperdosis** gemeint.

---

*Definition der Personendosis nach DIN 6814 Blatt 5: "Die Personendosis ist die Energiedosis für Weichteilgewebe oder die Standard - Gleichgewicht - Ionendosis, gemessen an einer für die Strahlenexposition als repräsentativ geltenden Stelle der Körperoberfläche einer Person."

**Definition der Körperdosis nach DIN 6814 Blatt 5: "Die Körperdosis ist die über ein kritisches Volumen des Körpers, im Fall der Haut über die kritische Fläche gemittelte Äquivalentdosis."

Die Definition des gewöhnlichen Aufenthaltes im Kontrollbereich ist in der RöV explizit nicht enthalten. Inzwischen existieren einige Überlegungen, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben / 12,13 /.

Als höchstzulässige Dosen für beruflich Strahlenexponierte werden in den §§ 32 und 33 RöV folgende Werte angegeben (Tab.5).

a) Ganzkörperbestrahlung:
1. Höchstzulässige Lebensalterdosis 5 · (N-18) rem, wobei N = Zahl der Lebensjahre
2. 3 rem in 13 aufeinanderfolgenden Wochen
3. 1,5 rem in 13 aufeinanderfolgenden Wochen für weibliche Personen im gebärfähigen Alter
4. 5 rem im Jahr, falls §32 Abs.4 RöV nicht erfüllt ist
b) Teilkörperbestrahlung:
1. 15 rem in 13 aufeinanderfolgenden Wochen
2. 60 rem im Jahr

(Für die Umrechnung in SI - Einheiten gilt:
1 rem = 10^{-2} J/kg)

Tab.5: Höchstzulässige Körperdosen für beruflich Strahlenexponierte nach der RöV

Für den Aufenthalt im Kontrollbereich sind auch die §§ 19 und 40 RöV von Bedeutung. §19 reglementiert das Tragen von Schutzkleidung: "Alle Personen haben im Kontrollbereich eine ausreichende Schutzkleidung gegen Röntgenstrahlen zu tragen, soweit nicht durch eine Dauereinrichtung nach §17 Abs.1 ein ausreichender Schutz gewährleistet ist. Das gilt nicht für die zu untersuchenden oder zu behandelnden Personen." In §40 RöV ist die Pflicht zur Messung der Personen-

dosis an Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten, festgelegt, wobei in den einzelnen Absätzen des §40 detaillierte Angaben über die Durchführung der Messung gemacht werden.

Anders stellt sich die Situation für die nicht beruflich Strahlenexponierten dar (sog."andere" Personen). Sie halten sich in der Regel im Überwachungsbereich auf, der in §15 Abs.2 RöV definiert wird als "der an einen Kontrollbereich angrenzende Bereich, in dem Personen eine höhere Äquivalentdosis als 0,15 rem (1,5 mJ/kg) im Jahr erhalten können". Für diesen Personenkreis im Überwachungsbereich beträgt nach §34 Abs.4 und §17 Abs.3 RöV die höchstzulässige Körperdosis 0,5 rem (5 mJ/kg) im Jahr. Sowohl der Zwang zum Tragen von Schutzkleidung nach §19 RöV als auch zur Messung der Personendosis nach §40 RöV entfällt für sich im Überwachungsbereich aufhaltende Personen. Erwähnenswert, da im Überprüfungsprogramm des Sachverständigen enthalten, ist in diesem Zusammenhang schließlich noch die Kennzeichnungspflicht nach §15 Abs.1 RöV.

Im Gegensatz zur Festsetzung von Höchstdosen in der RöV für das Personal gibt es keine Forderungen in dieser Hinsicht für Patienten, da der Gesetzgeber ganz bewußt nicht in das Verhältnis Arzt - Patient eingreifen wollte. Einzige Ausnahme ist §27 Abs.3 RöV, nach dem die von der Leibesfrucht während der beiden ersten Schwangerschaftsmonate aufgenommene Äquivalentdosis 1 rem (10 mJ/kg) nicht überschreiten darf. Allerdings existieren verschiedene Vorschriften zur Reduzierung der Strahlenexposition des Patienten (§§ 22 bis 28 RöV), in denen

z.B. explizit Patienten - Schutzkleidung und
- Abdeckungen gefordert werden. (§23 Abs.1, §25, §26 Abs.1, §27 Abs.2, §28 RöV).

Ein Maß für die Strahlenexposition des Patienten stellt die genetisch signifikante Dosis (GSD) dar, die - wie schon in der Einleitung erwähnt - nach dem letzten Bericht der Bundesrepublik allein durch röntgendiagnostische Maßnahmen bedingt 50 mrem im Jahr 1975 betrug. Ein Vergleich mit entsprechenden Angaben anderer Länder / 14 / läßt diesen Wert relativ hoch erscheinen. Sicherlich wurde allerdings bei der Berechnung der GSD die positive Auswirkung der Sachverständigenprüfungen nach §4 Abs.1 RöV noch nicht berücksichtigt. Zur Abschätzung der gesamten Strahlenexposition des Patienten muß nach ICRP* / 15 / neben der Gonadendosis auch die Organdosis berücksichtigt werden. Entsprechende Angaben dazu finden sich neben anderen Literaturstellen / 16,17 / auch in der medizinischen Promotionsarbeit von H. Steiner / 18 /. In der hier vorliegenden Arbeit soll allerdings nur die Auswirkung der Sachverständigenprüfungen auf die Größenordnung der GSD dargestellt werden. In der Literatur findet sich eine große Zahl von Angaben über die Gonadenexposition des Patienten / z.B. 19,20 /, so daß an dieser Stelle auf tabellarische Übersichten verzichtet werden kann.
Nachfolgend ist eine Abschätzung der Gonadenexposition eines radiologisch tätigen Arztes zu-

*ICRP = International Commission on Radiological Protection

sammengefaßt, die als eine pessimistische, aber noch durchaus realistische Größenordnung angesehen werden darf, auch wenn Zahl und Art der Untersuchungen von Fall zu Fall differieren sollten.

radiologisch tätiger Arzt	Jahresdosis
Gonadendosis eines Untersuchers in der Röntgendiagnostik (Durchleuchtungen und Angiographien)	0,8 rem/a / 12,21 / 1,2 rem/a / 22 /
Gonadendosis eines Chirurgen beim Umgang mit einem chirurgischen Bildverstärker	1,9 rem/a / 23 /

Tab.6: Überblick über möglicherweise zu erwartende Gonadenexpositionen radiologisch tätiger Ärzte bei Einschaltzeiten nach DIN 6812

Für die weiteren Ausführungen werden folgende Werte zugrunde gelegt:

a) die mittlere Gonadendosis für Patienten, charakterisiert durch die GSD von 50 mrem im Jahr 1975,
b) die möglicherweise zu erwartende Gonadendosis für die als beruflich Strahlenexponierte ausgewiesenen radiologisch tätigen Ärzte von 1,3 rem im Jahr (Mittelwert aus Tab.6).

Angaben über Körperdosen nicht beruflich strahlenexponierter Personen im Überwachungsbereich von Röntgenabteilungen sind in der Literatur kaum zu finden. Sie werden aber in der Praxis deutlich unterhalb des höchstzulässigen Wertes von 0,5 rem im Jahr liegen. Dieser Personenkreis wird in die folgenden Überlegungen über die Auswirkungen der Sachverständigenprüfungen auf die Strahlenexposition nicht mit einbezogen.

8. ANTEIL DER DURCH MÄNGEL AN RÖNTGENEINRICHTUNGEN BEDINGTEN GONADENDOSEN AN DER GESAMTGONADEN-EXPOSITION

In Tab.7 werden die im Anhang aufgeführten Einzelmängel zur besseren Übersichtlichkeit unter dem Gesichtspunkt verwandter Inhalte zu 8 Gruppen zusammengefaßt (vgl.auch Tab.4). Diese Tab.7 gibt eine qualitative Übersicht, welche Mängelgruppe für die beiden Personenkreise, beruflich Strahlenexponierte und Patienten, zu einer Mehrexposition beiträgt. Zum besseren Verständnis sind einige Kommentare notwendig:

Mängelgruppe 1: Streng nach der RöV darf ein derartiger "Verstoß" nicht als ein Mangel im Sinne der übrigen bewertet werden, sondern er erfüllt den Tatbestand einer Genehmigungserfordernis nach §3 RöV, da als Kriterium für den genehmigungsfreien Betrieb eines Röntgenstrahlers die Einhaltung der Bestimmungen der §§ 7 ff RöV gefordert wird. Es hat sich aber bei den Sachverständigenprüfungen gezeigt, daß Verstöße dieser Art meistens als rein formale Mängel vorlagen (z.B. Nichtvorliegen eines Bauartzulassungsscheines bei einem an sich bauartgeprüften Röntgenstrahler) und nur in Ausnahmefällen im medizinischen Bereich wirklich nicht bauartzugelassene Röntgenstrahler betrieben werden, bei denen im Rahmen der Sachverständigenprüfung überprüft werden muß, ob die Gehäusedurchlaßstrahlung die in der RöV festgelegten Werte überschreitet oder nicht. Tatsächlich handelt es sich aber in nahezu allen Fällen um Strahler, die nach Erfahrung der Sachverständigen die Bauartzulassungsbedingungen der RöV zwar erfüllen, bei denen aber aus verschiedenen Gründen seitens der Lieferfirmen oder der Betreiber die 3 notwendigen Voraussetzungen -

Lfd. Nr.	Mängelgruppe	Mängel-kategorie	durch die Mängelgruppe bedingte Mehrexposition	
			für beruflich Strahlenexponierte	für Patienten
1	Verstöße gegen §§ 7 ff RöV ("Bauartzulassung")	2	(+)	(+)
2	Mangelhafter oder fehlender baulicher Strahlenschutz	1	(+)	(+)
3	Mangelhafter oder fehlender gerätetechnischer Strahlenschutz	1	+	+
4		2	+	+
5	Mangelhafte oder fehlende Patientenschutzkleidung	2	-	+
6	Mangelhafte oder fehlende Personalschutzkleidung	2	+	-
7	Verstöße gegen §40 RöV ("Personendosimetrie")	3	+	-
8	Verstöße gegen §15 Abs.1 ("Kennzeichnungen")	2	(+)	+

Tab.7: Qualitative Auswirkungen von Mängelgruppen auf durch sie bedingte Mehrexpositionen für beruflich Strahlenexponierte und Patienten

+ : relevante Mehrexposition
(+) : mögliche, in der Regel geringfügige Mehrexposition
- : keine Mehrexposition

Bauartzulassungsschein, Stückprüfungsbescheinigung und Anbringung der Bauartzulassungsnummer auf dem Strahler - erst nachträglich erfüllt werden konnten. Um in der Sache nicht gerechtfertigte Genehmigungsverfahren zu vermeiden, werden diese rein formalen Verstöße daher im Sinne der übrigen Mängel gewertet. Eine Mehrexposition für beruflich Strahlenexponierte und Patienten kann tatsächlich nur dann entstehen, wenn die Gehäusedurchlaßstrahlung zu hoch ist.

Mängelgruppe 2: Der bauliche Strahlenschutz ist in der Regel erforderlich an der Grenze zwischen Kontroll- und Überwachungsbereich. Maßnahmen dieser Art betreffen daher besonders die nicht beruflich Strahlenexponierten, die sich im Überwachungsbereich aufhalten. Da aber für beruflich Strahlenexponierte im Überwachungsbereich die höchstzulässige Körperdosis identisch mit derjenigen für nicht beruflich Strahlenexponierte ist, wird diese Gruppe durchaus auch von baulichen Mängeln betroffen.
Für den Patienten besteht z.B. die Gefahr, daß ungenügend oder nicht abgeschirmte Kabinentüren zu einer unnötigen Mehrexposition führen können.

Mängelgruppen 3 und 4: Für beruflich Strahlenexponierte und Patienten ist die durch gerätetechnische Mängel bedingte Mehrexposition insofern bedeutsam, als bei diesen Personengruppen ein besonders enger Kontakt zur Röntgeneinrichtung vorliegt. Zwei Beispiele sollen allerdings zeigen, daß ein zu kurzes Kabel für den Auslöseschalter an einer fahrbaren Röntgeneinrichtung oder radioaktive Leuchtfarben an Schaltern und

Anzeigen älterer Schaltpulte auch für nicht beruflich Strahlenexponierte Überexposition zur Folge haben.

Mängelgruppen 5 und 6: Hier ist die Zuordnung zwischen Mangel und betroffener Personengruppe eindeutig.

Mängelgruppe 7: Die Pflicht zur Messung der Personendosimetrie gilt nach §40 RöV für Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten. Diese Regelung betrifft in erster Linie die beruflich Strahlenexponierten. Allerdings erfordern bestimmte Umstände im Verlaufe röntgendiagnostischer Maßnahmen auch die Anwesenheit nicht beruflich strahlenexponierter Personen im Kontrollbereich ("gelegentlicher Aufenthalt"), so daß die Durchführung der Personendosimetrie auch in diesem Fall angezeigt ist.

Mängelgruppe 8: Das Vorhandensein einer vorschriftsmäßigen Kennzeichnung von Kontrollbereichen reduziert die Gefahr, den Bereich versehentlich zu betreten. Dies gilt besonders für die Patienten, bei denen eine Kenntnis der räumlichen Gegebenheiten einer radiologischen Abteilung nicht vorausgesetzt werden kann.

Tab.8 gibt einen quantitativen Überblick über die mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition für die beiden betrachteten Personengruppen. In der Tabelle werden die Überlegungen für die einzelnen Röntgeneinrichtungen, die in der Medizin Anwendung finden, gemäß ihrer teilweise gerätespezifischen Eigenschaften in Bezug auf den Strahlenschutz

Lfd. Nr.	Mängelgruppe		Verhältnis der Gonadendosis infolge einer vorliegenden Mängelgruppe zu derjenigen an einem Röntgengerät ohne Mangel (Faktor $\bar{x}$, $\bar{x} = 1$ heißt: keine Mehrexposition durch die betreffende Mängelgruppe)													
			DL+BV (in Klammern DL+L falls vom DL+BV abweichend)		CBV (in Klammern ANG falls vom CBV abweichend)		OK-T (in Klammern HT-T falls vom OK-T abweichend)		Mb.A		St.A einschließlich Sch.A		MA		DEN	
			b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.
1	Bauartzulassung		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Baulicher Strahlenschutz		5	1,1	1,1 (5)	1	1,1 (10*)	1	1,1	1	5	1,1	1,5	1,1	1	1,1
3	Geräte-tech-nische Mängel	Kat.1	3 (4)	3 (4)	3 (4,5)	3 (4,5)	1,1 (1)	2 (4)	1,1	3	1,1	3	1,1	1	1,1	2
4		Kat.2	2 (2,5)	2 (2,5)	2 (3)	2 (3)	1,1 (1)	1,5 (2)	1,1	2	1,1	2	1,1	1	1,1	1,5
5	Patienten-schutzkleidung		1	2	1	2 (5)	1	2 (5)	1	10	1	10	1	1,1	1	8
6	Personal-schutzkleidung		10	1	10	1	1	1	1,1	1	1,5	1	1	1	1	1
7	Personen-dosimetrie		1,5	1	2	1	1	1	1	1	1,1	1	1	1	1	1
8	Kennzeich-nungen		1	1,1	1	1	1	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1

*einschließlich der Mängel an Türkontakten

Tab.8: Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition bei den verschiedenen Gerätetypen (b.Str.: beruflich Strahlenexponierte, Pat.: Patienten, weitere Erklärungen im Text bzw. S.14)

getrennt durchgeführt. Die dort aufgeführten Faktoren $\bar{x}$ kennzeichnen die Relevanz der einzelnen Mängelgruppen bezüglich der Erhöhung der Gonadenexposition und müssen kurz erläutert werden:
Ein Faktor 1, besonders häufig bei den Mängelgruppen 1, 5, 6, 7 und 8, steht für 100% Strahlenexposition, also für eine normale Belastung, wobei eine minimale Mehrexposition von 1% eingeschlossen ist.
Der Faktor 1,1 steht für eine mängelbedingte Mehrexposition zu der normalen Belastung von höchstens 10% (häufig bei den Mängelgruppen 2 und 8).
Faktoren größer als 1,1 stellen besonders bei den Mängelgruppen 2, 3 und 4 zum Teil Erfahrungswerte der Sachverständigen dar, zum Teil sind sie aus ihren Prüfberichten entnommen. Über die Faktoren der Mängelgruppe 5, d.h. ungenügende oder fehlende Patientenschutzkleidung, gibt die medizinische Promotionsarbeit von G. Vallo Auskünfte / 24 /, während für die Festlegung des Faktors der Mängelgruppe 6, d.h. ungenügende oder fehlende Personalschutzkleidung, der dem radiologisch tätigen Arzt bekannte Schwächungsfaktor für Schutzkleidung mit einem Bleigleichwert von 0,25 mm von mindestens 10 zugrunde gelegt wird. Ein Faktor 10 bedeutet in diesem Sinne, daß die Mehrexposition infolge vorliegenden Mangels 10-mal so hoch ist wie nach Abstellung des Mangels.

Es überschreitet den Rahmen dieser Arbeit, die in der Tab.8 angegebenen Faktoren im Detail zu begründen; stattdessen sollen einige pauschal gehaltene Kommentare die Größenordnung der mängelbedingten Mehrexpositionen erläutern:

a) Durchleuchtungsgeräte, Chirurgische Bildverstärker, Angiographiegeräte

In diesem Fall halten sich Ärzte und in vielen

Fällen auch das Assistenzpersonal als beruflich Strahlenexponierte bei der Untersuchung in unmittelbarer Nähe der Untersuchungsgeräte auf, so daß für diesen Personenkreis die Mängelgruppen 3 und 4 (Gerätetechnische Mängel), 6 (Personalschutzkleidung) und 7 (Personendosimetrie) von besonderer Bedeutung sind. Da die durchschnittliche Strahlenexposition bei Angiographien höher liegt als z.B. bei Magen - Darm - Durchleuchtungen, müssen die Faktoren der Tab.8 bei diesem Gerätetyp zum Teil höher angesetzt werden. Die Mängelgruppe 2 (baulicher Strahlenschutz) hat vor allem für fahrbare Chirurgische Bildverstärker kaum Auswirkungen, da der Kontrollbereich um diesen Gerätetyp meist eine geringere Ausdehnung aufweist als die Dimensionen eines OP - Raumes.
Die Patienten sind fast ausschließlich von den Auswirkungen der Mängelgruppen 3 und 4 (Gerätetechnische Mängel) bzw. 5 (Patientenschutzkleidung) betroffen. Ein Reduktionsfaktor 10, sonst üblich bei Überlegungen über die Auswirkungen von Schutzkleidung, kann hier allerdings nicht in vollem Ausmaß wirksam werden, da die Nutzung von Patientenschutz bei Durchleuchtungsuntersuchungen in vielen Fällen aus untersuchungstechnischen Gründen nicht sinnvoll ist.

b) Oberflächen- bzw. Körperhöhlentherapiegeräte
und Halbtiefen- bzw. Tiefentherapiegeräte

Für die Patienten sind die Mängelgruppen 3, 4 und 5 von Bedeutung; allerdings muß man wegen höherer Röhrenspannungen und damit härterer Strahlenanteile in der Halbtiefen- bzw. Tiefentherapie die Auswirkung auf die Gonadenexpositionen gewichtiger einschätzen als in der Oberflächen- bzw. Körperhöhlentherapie.

Eine berufliche Strahlenexposition ergibt sich bei der Bedienung von Oberflächen-und Körperhöhlentherapiegeräten kaum; erst recht nicht bei der Bedienung von Halbtiefen- und Tiefentherapiegeräten, da nach DIN 6812 Strahlenquelle und Schaltpult räumlich voneinander getrennt sein müssen. Lediglich Mängel am baulichen Strahlenschutz und fehlende bzw. mangelhafte Türkontakte könnten zu einer Mehrexposition führen.

c) Mobile und Stationäre Aufnahmearbeitsplätze, Schichtaufnahme- und Mammographiegeräte, Dentale Röntgengeräte

Diese Gerätetypen werden in der Regel nicht von den beruflich Strahlenexponierten bedient, so daß vorliegende Mängel kaum Auswirkungen auf die Gonadenexposition dieses Personenkreises haben. Lediglich zum Halten von Patienten oder bei anderen Manipulationen können sich berufliche Strahlenexpositionen ergeben.

Die Mängel am baulichen Strahlenschutz sind bei mobilen Aufnahmearbeitsplätzen, Mammographiegeräten und dentalen Röntgengeräten selten, da von diesen Geräten erzeugte Kontrollbereiche in der Regel eine geringere Ausdehnung haben als die entsprechenden Röntgenräume.

Was den Patienten betrifft, so ist eine Mehrexposition durch Mängel bei Aufnahmearbeitsplätzen und Schichtaufnahmegeräten, bedingt durch höhere Leistungen (Spannung, Strom) und größere Aufnahmefelder, ernster zu bewerten als bei dentalen Röntgengeräten und Mammographiegeräten. Außerdem hat das Tragen von Patientenschutzkleidung bei der Durchführung von Mammographien keinen entscheidenden Einfluß auf die Größenordnung der Ovarexposition / 25 /.

Bisher wurde in die Bewertung der erhöhten Gonadenexposition infolge vorliegender Mängelgruppen an den verschiedenen Gerätetypen (Tab.8) weder die Gesamtzahl der überprüften Geräte eines Typs noch die Häufigkeit der festgestellten Mängelgruppen einbezogen. Die Umrechnung des Faktors $\bar{x}$ aus Tab.8 in einen Faktor x, einen Mittelwert, der dies berücksichtigt, geschieht nach folgender Beziehung:

$$x = \frac{GG - \frac{GG}{GM} \cdot M + \bar{x} \cdot \frac{GG}{GM} \cdot M}{GG} \qquad (1)$$

GG = Gesamtzahl der überprüften Geräte des jeweiligen Typs (Tab.3),

GM = Gesamtzahl der festgestellten Mängel an dem Gerätetyp (Tab.4),

M = Zahl der festgestellten Mängel einer bestimmten Mängelgruppe (Tab.4),

$\frac{GG}{GM} \cdot M$ = Zahl der Geräte eines Typs mit einer bestimmten Mängelgruppe.

Der Faktor x in Gl. (1) muß gleich 1 werden (d.h. keine Mehrexposition durch die betreffende Mängelgruppe), wenn $\bar{x} = 1$ und/oder $M = 0$.

Gl. (1) läßt sich folgendermaßen vereinfachen:

$$x = 1 + \frac{M}{GM} (\bar{x} - 1) \qquad (2)$$

Die Faktoren x sind in Tab.9 zusammengefaßt, wobei jeweils das Produkt aus allen Faktoren einer Spalte für beruflich Strahlenexponierte und Patienten die mittlere mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition im Verhältnis zu der Exposition an Geräten ohne Mängel ausdrückt. Diese Mittelwerte X sind - mit bzw. ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von mangelhafter oder fehlender Schutzkleidung - in Tab.10 zusammengestellt. Diese Unterscheidung erscheint insofern sinnvoll zu sein, als in vielen Fällen vom Sachverständigen zwar vorschriftsmäßige Schutzklei-

Lfd. Nr.	Mängelgruppe		Verhältnis der Gonadendosis infolge einer vorliegenden Mängelgruppe zu derjenigen an einem Röntgengerät ohne Mangel (Faktor x)													
			DL+BV (in Klammern DL+L falls vom DL+BV abweichend)		CBV (in Klammern ANG falls vom CBV abweichend)		OK-T (in Klammern HT-T falls vom OK-T abweichend)		Mb.A		St.A (in Klammern Sch.A falls vom St.A abweichend)		MA		DEN	
			b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.	b.Str.	Pat.
1	Bauartzulassung		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Baulicher Strahlenschutz		1,17 (1,12)	1	1 (1,10)	1	1,01 (3,84)*	1	1	1	1,27 (1,31)	1,01	1,01	1	1	1
3	Geräte-tech-	Kat.1	1,04 (1,14)	1,04 (1,14)	1,06 (1,19)	1,06 (1,19)	1,01 (1)	1,05 (1,51)	1	1,02	1	1,01 (1,04)	1	1	1,01	1,10
4	nische Mängel	Kat.2	1,40 (1,88)	1,40 (1,88)	1,43 (1,56)	1,43 (1,56)	1,03 (1)	1,14 (1,13)	1,04	1,43	1,03 (1,04)	1,34 (1,36)	1,02	1	1,03	1,14
5	Patienten-schutzkleidung		1	1,09 (1,07)	1	1,06 (1,48)	1	1,06 (1,14)	1	2,03	1	2,49 (2,27)	1	1,02	1	2,74
6	Personal-schutzkleidung		1,21 (1,41)	1	1,70 (1,17)	1	1	1	1	1	1,01	1	1	1	1	1
7	Personen-dosimetrie		1,08 (1,05)	1	1,18 (1,13)	1	1	1	1	1	1,01	1	1	1	1	1
8	Kennzeich-nungen		1	1,03 (1,01)	1	1	1	1	1	1	1,03	1,03	1,05	1,05	1	1

*einschließlich der Mängel an Türkontakten

Tab.9: Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition bei den verschiedenen Gerätetypen unter Berücksichtigung der Gesamtzahl der Geräte und der Häufigkeit von Mängeln (b.Str.: beruflich Strahlenexponierte, Pat.: Patienten, weitere Erklärungen im Text bzw. S.14)

Gerätetyp	Mängelbedingte Erhöhung der Gonadenexposition im Verhältnis zu der Exposition an einem Röntgengerät ohne Mangel (Faktor X)			
	beruflich Strahlenexponierte		Patienten	
	mit Schutzkleidung	ohne Schutzkleidung	mit Schutzkleidung	ohne Schutzkleidung
Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker - Fernsehkette	2,23	1,84	1,63	1,50
Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm	3,55	2,52	2,32	2,16
Chirurgischer Bildverstärker	3,04	1,79	1,61	1,52
Angiographiegerät	2,70	2,31	2,75	1,86
Oberflächen- und Körperhöhlentherapiegerät	1,05	1,05	1,27	1,20
Halbtiefen- und Tiefentherapiegerät	3,84	3,84	1,95	1,71
Mobiler Aufnahmearbeitsplatz	1,04	1,04	2,96	1,46
Stationärer Aufnahmearbeitsplatz	1,37	1,36	3,51	1,41
Schichtaufnahmegerät	1,43	1,42	3,34	1,47
Mammographiegerät	1,08	1,08	1,07	1,05
Dentales Röntgengerät	1,04	1,04	3,44	1,25

Tab.10: Überblick über die mängelbedingte Mehrexposition für beruflich Strahlenexponierte und Patienten
(Erklärungen im Text)

dung vorgefunden wird, diese aber oft nicht benutzt wird. Das gilt vor allem für den Patientenschutz.

Da sich für einen bestimmten Gerätetyp die mittlere Gesamtgonadendosis darstellt als Produkt aus der mittleren Gonadendosis einer Untersuchung (A bis L), der jährlichen Untersuchungsfrequenz (Z_A bis Z_L) und dem Faktor X (X_X bis X_L) (siehe Tab.10), ist die Summe dieser mittleren Gesamtgonadendosen für die einzelnen Gerätetypen dividiert durch die Zahl der exponierten Personen (Z.b.Str.), proportional zu der mittleren Gonadenexposition einer Person.

Für beruflich Strahlenexponierte besteht folgender Zusammenhang:

$$\frac{A \cdot Z_A \cdot X_A + B \cdot Z_B \cdot X_B + \cdots + L \cdot Z_L \cdot X_L}{\text{Z.b.Str.}} = \frac{\text{I}}{\text{Z.b.Str.}} \sim$$

1,3 rem/a (Tab.6) (3)

Die mittlere Gonadendosis $G_{b.Str.}$ für beruflich Strahlenexponierte, die nach Abstellung aller festgestellten Mängel noch übrig bleibt, läßt sich analog zu Gl. (3) in folgende Form bringen:

$$\frac{A \cdot Z_A + B \cdot Z_B + \cdots + L \cdot Z_L}{\text{Z.b.Str.}} = \frac{\text{II}}{\text{Z.b.Str.}} \sim G_{b.Str.}/a \quad (\ 4\ )$$

Nach Division der Gl. (3) durch Gl. (4) ergibt sich folgende Beziehung für $G_{b.Str.}$:

$$G_{b.Str.}/a = \frac{1{,}3 \text{ rem/a} \cdot \text{II}}{\text{I}} \qquad (\ 5\ )$$

Für Patienten lassen sich analoge Überlegungen anstellen:

$$\frac{A \cdot Z_A \cdot X_A + B \cdot Z_B \cdot X_B + \cdots + L \cdot Z_L \cdot X_L}{\text{Z.Pat.}} = \frac{\text{III}}{\text{Z.Pat.}} \sim$$

50 mrem/a (6)

$$\frac{A \cdot Z_A + B \cdot Z_B + \cdots + L \cdot Z_L}{Z.Pat.} = \frac{IV}{Z.Pat.} \sim G_{Pat.}/a \qquad (7)$$

$$G_{Pat.}/a = \frac{50\ mrem/a \cdot IV}{III} \qquad (8)$$

Dabei bedeuten hier A bis L die mittleren Gonadendosen eines Patienten bei Untersuchungen an den einzelnen Gerätetypen und "Z.Pat." die mittlere Zahl aller Personen, die im Jahr untersucht werden.

Zu der Beurteilung der relativen mittleren Gonadendosis an einem Durchleuchtungsgerät mit Leuchtschirm ist folgende Erklärung erforderlich: Bei vergleichbaren Untersuchungen ist die Gonadendosis bei einem Leuchtschirmgerät zwar etwa 4-mal so hoch wie bei einem Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker - Fernsehkette, jedoch werden die Leuchtschirmgeräte hauptsächlich bei Thoraxdurchleuchtungen eingesetzt, die eine relativ niedrige Gonadendosis verursachen, so daß im Mittel eine gleich hohe Einschätzung der relativen mittleren Gonadendosis an beiden Gerätetypen gerechtfertigt erscheint.

In Tab. 11 sind die Faktoren I bis IV zusammengefaßt, allerdings nicht unter Verwendung der absoluten Werte, sondern es werden sowohl die mittleren Gonadendosen als auch die Untersuchungsfrequenzen in Relation gesetzt zu den entsprechenden Werten an einem Durchleuchtungsgerät mit Bildverstärker - Fernsehkette. Die in der Tab.11 aufsummierten Spalten 4, 5, 7 und 8 sind identisch mit den Faktoren II, I, IV und III aus den Gl. (4), (3), (7) und (6). Diese führen über Gl. (5) und (8) zu folgenden Ergebnissen:

1. Mittlere Gonadendosis für beruflich Strahlenexponierte nach Abstellung aller Mängel

a) unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Schutzkleidung:

$$G_{b.Str.}/a = \frac{1{,}3 \text{ rem/a} \cdot 3{,}035 \cdot A \cdot Z_A}{7{,}879 \cdot A \cdot Z_A} \simeq 0{,}5 \text{ rem/a}$$

b) ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Schutzkleidung:

$$G_{b.Str.}/a = \frac{1{,}3 \text{ rem/a} \cdot 3{,}035 \cdot A \cdot Z_A}{5{,}784 \cdot A \cdot Z_A} \simeq 0{,}68 \text{ rem/a}$$

2. Mittlere Gonadendosis für Patienten nach Abstellung aller Mängel

a) unter Berücksichtigung der Auswirkungen von Schutzkleidung:

$$G_{Pat.}/a = \frac{50 \text{ mrem/a} \cdot 4{,}573 \cdot A \cdot Z_A}{10{,}637 \cdot A \cdot Z_A} \simeq 21{,}5 \text{ mrem/a}$$

b) ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Schutzkleidung:

$$G_{Pat.}/a = \frac{50 \text{ mrem/a} \cdot 4{,}573 \cdot A \cdot Z_A}{7{,}211 \cdot A \cdot Z_A} \simeq 31{,}71 \text{ mrem/a}$$

Das bedeutet, daß durch die tatsächliche Abstellung aller bei den Sachverständigenprüfungen festgestellten Mängel mit einer Abnahme der Gonadenexposition für Patient und Untersucher in einer Größenordnung bis zu 50% gerechnet werden kann.

beruflich Strahlenexponierte						Patienten			
1	2	3	4	5		6	7	8	
Geräte-typ	relative mittlere Gonaden-dosis	relative mittlere Zahl der Untersu-chungen pro Jahr	Produkt aus 2 und 3	Produkt aus 4 und Faktor X (aus Tab.10)		relative mittlere Gonaden-dosis	Produkt aus 6 und 3	Produkt aus 7 und Faktor X (aus Tab.10)	
				mit Schutz-kleidung	ohne Schutz-kleidung			mit Schutz-kleidung	ohne Schutz-kleidung
DL+BV	A=1 A	Z_A=1 Z_A	1 A·Z_A	2,230A·Z_A	1,840A·Z_A	A=1 A	1 A·Z_A	1,630A·Z_A	1,500A·Z_A
DL+L	B=1 A	Z_B=1/4Z_A	0,25 "	0,888 "	0,630 "	B=1 A	0,25 "	0,580 "	0,540 "
CBV	C=2 A	Z_C=1/2Z_A	1 "	3,040 "	1,790 "	C=2 A	1 "	1,610 "	1,520 "
ANG	D=5 A	Z_D=1/10Z_A	0,50 "	1,350 "	1,155 "	D=5 A	0,50 "	1,375 "	0,930 "
OK-T	E=1/20A	Z_E=1/10Z_A	0,005 "	0,005 "	0,005 "	E=1/10A	0,01 "	0,013 "	0,012 "
HT-T	F≤1/100A	Z_F≤1/10Z_A	≤0,001 "	≤0,004 "	≤0,004 "	F=5 A	≤0,50 "	≤0,975 "	≤0,855 "
Mb.A	G=1/50A	Z_G=1 Z_A	0,02 "	0,021 "	0,021 "	G=1/5A	0,20 "	0,592 "	0,292 "
St.A	H=1/50A	Z_H=10Z_A	0,20 "	0,274 "	0,272 "	H=1/10A	1 "	3,510 "	1,410 "
Sch.A	I=3/50A	Z_I=1/5Z_A	0,012 "	0,017 "	0,017 "	I=3/10A	0,06 "	0,200 "	0,088 "
MA	K≤1/100A	Z_K=2/3Z_A	≤0,007 "	≤0,008 "	≤0,008 "	K=1/50A	0,013 "	0,014 "	0,014 "
DEN	L=1/50A	Z_L=2 Z_A	0,04 "	0,042 "	0,042 "	L=1/50A	0,04 "	0,138 "	0,050 "

Faktor II aus Gl.(4) Σ=3,035A·Z_A

Faktor I aus Gl.(3) Σ=7,879 A·Z_A Σ=5,784 A·Z_A

Faktor IV aus Gl.(7) Σ=4,573A·Z_A

Faktor III aus Gl.(6) Σ=10,637 A·Z_A Σ=7,211 A·Z_A

Tab.11: Zusammenstellung der Faktoren I bis IV aus den Gl.(3), (4), (6) und (7) (Erklärungen im Text bzw. S.14)

9. ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION

Ziel dieser Arbeit war eine Abschätzung der GSD und der Gonadenexposition von beruflich Strahlenexponierten zum Zeitpunkt 31.12.1978, also nach Abschluß der Überprüfungen aller bei Inkrafttreten der RöV schon betriebenen Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen durch die Sachverständigen. Wenn man optimistisch voraussetzt, daß alle bei diesen Sachverständigenprüfungen festgestellten Mängel tatsächlich abgestellt worden sind, dann ergibt sich eine relativ hoch erscheinende Abnahme der Gonadenexposition für Patient und Personal von etwa 50%. Wie muß die Bedeutung dieser Größenordnung beurteilt werden?

Ausgangspunkt dieser Arbeit waren die Sachverständigenberichte über alle Röntgeneinrichtungen in den Krankenhäusern des Landes Nordrhein - Westfalen einschließlich der Unterlagen über die erteilten Bescheinigungen. Die auf diesen Grundlagen basierende mögliche Abnahme der Gonadenexposition von 50% beruht auf der wohl überoptimistischen Annahme, daß nun alle Röntgeneinrichtungen ohne mängelbedingte Überexpositionen betrieben werden. Es muß aber daran erinnert werden, daß zum Zeitpunkt 31.12.1978 14,8% der überprüften Röntgeneinrichtungen noch nicht die erforderliche Bescheinigung hatten. Dies bedeutet, daß 27% der festgestellten Mängel der Kategorien I und II (hohe und mittelhohe Strahlenschutzrelevanz) noch nicht oder nur zum Teil abgestellt waren. Außerdem muß sicherlich unterstellt werden, daß im Laufe der Zeit, bedingt durch Abnutzung und Verschleiß, neue Mängel an den Röntgeneinrichtungen auftreten können, die nicht sofort

festzustellen und daher zu beheben sind. Ebenso wird bei dieser Beurteilung vorausgesetzt, daß die nach Abstellung der Mängel dann vorhandenen Schutzeinrichtungen, insbesondere die Schutzkleidung für Patienten und Personal, wirklich in entsprechendem Maße genutzt werden - eine Annahme, die sich auf Grund einschlägiger Erfahrungen in vielen Fällen als illusorisch erwiesen hat. Eine 50%ige Abnahme der Gonadenexposition für Patient und Personal sollte daher als anzustrebender und auch durch die Vermeidung aller mängelbedingten Überexpositionen durchaus realisierbarer, im Augenblick aber noch nicht vorhandener Idealzustand aufgefaßt werden.

Schließlich muß noch berücksichtigt werden, daß die GSD von 50 mrem im Jahr 1975 einer Abschätzung entspricht, die, wie schon erwähnt, im Vergleich zu anderen Ländern relativ hoch erscheint, und daß auch die Gonadenexposition von 1,3 rem im Jahr für beruflich Strahlenexponierte als ein pessimistischer Wert angesehen werden kann. Auch die Angaben über die Auswirkungen der verschiedenen Mängelgruppen auf die Gonadenexposition geben nur einen groben Überblick, der allerdings - basierend auf den Erfahrungen vieler sachverständiger Prüfer, ergänzt durch entsprechende Literaturangaben und festgehalten in den Prüfberichten - durchaus auf einer realistischen Grundlage beruht.

Trotz dieser Einschränkungen müssen die nach §4 Abs.1 RöV notwendigen Sachverständigenprüfungen als außerordentlich effektive Maßnahmen zur Reduzierung von Strahlenexpositionen bei der Anwendung von Röntgenstrahlen in der Medizin beurteilt werden. Das Ergebnis, daß - wenn auch

nur im Idealzustand - die Gonadenexpositionen bei Röntgenuntersuchungen und -behandlungen um fast 50% gesenkt werden können, rechtfertigt sicherlich den Aufwand dieser Überprüfungen.

A N H A N G

Zusammenstellung aller möglichen
an medizinischen Röntgeneinrich-
tungen auftretenden Mängel
nach / 7 /

3.3. Röntgengeräte nach Nr. 2.2.1.

Prüfbericht Nr. .....
über die Strahlenschutzprüfung nach § 4 Abs. 1 der Röntgenverordnung an ..... medizinischen Röntgeneinrichtung(en)

Name und Anschrift des Betreibers:

Verantwortlicher für den Strahlenschutz:

Die Auskünfte bei der Prüfung erteilte:

Tag der Prüfung:

A. Allgemeine Angaben

Standort der Röntgeneinrichtung(en):

Benachbarte Bereiche:
seitlich, siehe Skizze:
oberhalb:
unterhalb:

[2] Kennzeichnung des Kontrollbereichs nach § 15 Abs. 1 — ja/nein [1]

[3] Anzahl der amtlichen Personendosimeter (nach Angabe): — (nicht) ausreichend

[3] Anzahl der vorhandenen Stabdosimeter (nach Angabe): — (nicht) ausreichend

[2] Strahlenschutzzubehör

für den Bereich:		(nicht) ausreichend/entfällt
Schutzschürzen	..... mm	Bleigleichwert
Schutzschürzen	..... mm	Bleigleichwert
Schutzmäntel	..... mm	Bleigleichwert
Schutzmäntel	..... mm	Bleigleichwert
Schutzhandschuhe	..... mm	Bleigleichwert
bewegliche Schutzwand	..... mm	Bleigleichwert

[2] Patientenschutz nach DIN 6813 — (nicht) ausreichend

Schaltgerät I — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Hochspannungserzeuger I — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Schaltgerät II — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Hochspannungserzeuger II — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Bemerkungen (u. a. Einfluß weiterer Strahlenquellen):

[1]) Nicht Zutreffendes streichen.

Röntgen-Behandlungseinrichtung

Röntgenröhre: — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Röhrenschutzgehäuse: — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

[1] Bauartzulassung-[2])/prüfung Zulassungs-/Prüfungszeichen: — ja/nein

Maximalwerte für Bestrahlung: ..... kV ..... mA

B. Prüfung der technischen Strahlenschutzvorkehrungen

[1] Mängel an bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen (Sichtprüfung) — ja/nein

[2] Mängel an Blenden und Tubussen (Sichtprüfung) — ja/nein

[1] Begrenzung des Nutzstrahlenbündels erkennbar — ja/nein

[2] Brennfleckabstand und Strahlenaustrittsfläche bei Tubussen angegeben — ja/nein

Bei Geräten für Bewegungsbestrahlung:

[2] Blenden mit Lichtvisier ausgerüstet — ja/nein

[2] Zentriervorrichtung als Einstellhilfe vorhanden — ja/nein

[1] Warneinrichtung für unbeabsichtigte Bewegungsunterbrechung vorhanden — ja/nein

[1] Blockierung von Strahlrichtungen, für die die Nutzstrahlenabschirmung nicht ausreichend ist — entfällt/ja/nein

[2] Gesamtfilterung auf Zusatzfiltern angegeben — ja/nein

[1] Filterwert am Schaltpult erkennbar — ja/nein

[1] Bestrahlung ohne Zusatz- oder Leerfilter möglich — ja/nein

[2] Signal bei eingeschalteter Hochspannung — ja/nein

[2] Netzspannungsschwankungen ausgleichbar — ja/nein

[2]) Entfällt bei Anlagen, die vor dem 1. 9. 1973 in Betrieb genommen wurden.

[2] Eingestellte Hochspannung innerhalb 5 s erreicht — ja/nein

[1] Spannung sowie Stromstärke oder Dosisleistung dauernd ablesbar — ja/nein

[1] Bestrahlungszeit oder Dosis am Schaltpult einstellbar und vor und während der Bestrahlung erkennbar — ja/nein

[1] Abgelaufene oder fehlende Bestrahlungszeit bzw. aufgelaufene oder fehlende Dosis während der Bestrahlung und nach Unterbrechung ablesbar — ja/nein

[2] Strahlendetektor unbeabsichtigt aus Strahlengang verrückbar — entfällt/ja/nein

Röntgenraum so gesichert, daß Hochspannung (ab 100 kV) — entfällt

[1] bei einer offenen Tür nicht einschaltbar — ja/nein

[1] bei Öffnen einer Tür abschaltet — ja/nein

[1] bei Schließen der Tür nicht automatisch wieder einschaltet — ja/nein

[2] Patient vom Schaltpult aus beobachtbar

Bemerkungen:

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 5

C. Angaben des Betreibers über die Betriebsweise

Röntgenbehandlung mit

	Spannung	Strom	Filter	Tubus bzw. Feldgröße in definiertem Brennfleck-abstand
üblicherweise benutzte Werte	kV	mA		
höchstbeabsichtigte Werte	kV	mA		

Gesamte Einschaltzeit: ..... h/Monat

Strahlrichtung: Häufigkeit ..... %

Strahlrichtung: Häufigkeit ..... %

Strahlrichtung: Häufigkeit ..... %

Bewegungsbestrahlung: Häufigkeit ..... %

D. Ermittlung der Ortsdosis

Die Strahlenschutzmessungen wurden mit ....
..... unter folgenden Bedingungen ausgeführt:

Betriebswerte: ..... kV ..... mA

Filter:

Tubus bzw. Feldgröße:

Brennfleck-Feldabstand: ..... cm

Strahlrichtung a)
Strahlrichtung b)
Strahlrichtung c)

Höhe des Brennflecks über Fußboden a) ..... cm b) ..... cm c) ..... cm

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 7

E. Zulässige Werte der Ortsdosis	im Monat	im Jahr
Arbeitsplätze in Kontrollbereichen	400 mR[4])	5,0 R[4])
Kontrollbereichsgrenze	120 mR	1,5 R
Kabinen, Toiletten, Flure, Wartezimmer	120 mR	1,5 R
Arbeitsplätze in der Umgebung des Kontrollbereichs	40 mR	0,5 R
Bereiche, in denen Wohn- und Aufenthaltsräume von Personen liegen, die nicht im Zusammenhang mit dem Betrieb der Röntgeneinrichtung tätig sind	12 mR	0,15 R
Im Freien, innerhalb von Bereichen, die der Verfügungsgewalt des Betreibers unterliegen	40 mR 120 mR[5])	0,5 R 1,5 R[5])
Im Freien, in Bereichen, die nicht der Verfügungsgewalt des Betreibers unterliegen		
a) Einrichtungen im ortsfesten Einsatz	12 mR	0,15 R
b) Einrichtungen im ortsveränderlichen Einsatz	120 mR	–

F. Auswertung

Die technischen Strahlenschutzvorkehrungen sind (nicht) ausreichend.

Bei der in Abschnitt C angegebenen Betriebsweise wird die höchstzulässige Ortsdosis an keinem Meßort/an den nachfolgenden Meßorten überschritten.

G. Folgerungen

Bei der angegebenen Betriebsweise sind keine weiteren Maßnahmen/die nachfolgenden Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes erforderlich.

....
Ort und Datum Stempel und Unterschrift

4) Bei Überschreiten dieses Wertes können bewegl. Strahlenschutzvorkehrungen und Schutzkleidung berücksichtigt werden.

5) Falls durch organisatorische Maßnahmen sichergestellt ist, daß sich dort keine Aufenthaltsplätze befinden.

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 6

Die Meßergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Meßort	Höhe über Fußboden cm	Kennzeichnung in der Skizze Seite	gemessene Dosisleistung mR/h	Monatsdosis bei Einschaltdauer nach Abschnitt C mR 3)
			a) b) c)	Summe a) + b) + c)

3) 1 mR = 0,258 μC/kg.

3.4. Röntgengeräte nach Nr. 2.2.2.1.

Prüfbericht Nr. .....
über die Strahlenschutzprüfung nach § 4 Abs. 1 der Röntgenverordnung an ..... Dental-Röntge...richtung(en)

Name und Anschrift des Betreibers:

Verantwortlicher für den Strahlenschutz:

Die Auskünfte bei der Prüfung erteilte:

Tag der Prüfung:

A. Allgemeine Angaben

Standort der Röntgeneinrichtung(en):

Firmenbezeichnung: Herst.:

Röntgenröhre: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

Röhrenschutzgehäuse: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

[1] Bauartzulassung-[2])/prüfung ja/nein[1])
Zulassungs-/Prüfungszeichen:
Maximalwerte für Aufnahmen: ..... kV ..... mA ..... s

1) Nicht Zutreffendes streichen.

2) Entfällt bei Anlagen, die vor dem 1. 9. 1973 in Betrieb genommen wurden.

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 2

B. Prüfung der technischen Strahlenschutzvorkehrungen

[2] Patientenschutz mit mindestens 0,4 mm Pb-Wert — ja/nein

[2] Eigenfilterung $\geq$ 1,5 mm Al (ab 1972) / Eigenfilterung $\geq$ 1 mm Al (vor 1972) — ja/nein

[2] Auslöseschalter mindestens 1,5 m vom Röntgenstrahler und Patienten entfernt — ja/nein

Tubus vorhanden

[2] bis 60 kV — Brennfleck-Hautabstand 10 cm entfällt/ja/nein
[2] $>$ 60 kV bis 75 kV — Brennfleck-Hautabstand 18 cm entfällt/ja/nein
[2] $>$ 75 kV — Brennfleck-Hautabstand 30 cm entfällt/ja/nein

[1] Durchmesser des Nutzstrahlenbündels in dem vorgesehenen Brennfleck-Hautabstand $\leq$ 6 cm — ja/nein

[3] An der Röntgeneinrichtung Schild mit Hinweis auf Röntgenstrahlung vorhanden — ja/nein

[2] Höchstmögliche Belichtungszeit $<$ 10 s — ja/nein

[1] Wird Nutzstrahlenbündel von fester Wand aufgefangen — ja/nein

Bemerkungen:

C. Angaben des Betreibers über die Betriebsweise

Üblicherweise benutzte Betriebswerte: ..... kV ..... mA ..... s
Höchstbeabsichtigte Betriebswerte: ..... kV ..... mA ..... s
Zahl der Aufnahmen: ..... /Monat
Film wird gehalten durch:

D. Auswertung und Folgerung

Bei den in den Abschnitten B und C angegebenen Strahlenschutzvorkehrungen und Betriebsweisen sind keine besonderen Maßnahmen/ die nachfolgenden Maßnahmen zur Verbesserung des Strahlenschutzes erforderlich.

Ort und Datum — Stempel und Unterschrift

3.5. Röntgengeräte nach Nr. 2.2.2.4., Nr. 2.2.2.5. und Nr. 2.2.2.6.

Prüfbericht Nr. .....
über die Strahlenschutzprüfung nach § 4 Abs. 1 der Röntgenverordnung an ..... medizinischen Röntgeneinrichtung(en)

Name und Anschrift des Betreibers:

Verantwortlicher für den Strahlenschutz:

Die Auskünfte bei der Prüfung erteilte:

Tag der Prüfung:

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 2

A. Allgemeine Angaben

Standort der Röntgeneinrichtung(en):

Benachbarte Bereiche: seitlich siehe Skizze
oberhalb:
unterhalb:

[2] Kennzeichnung des Kontrollbereiches nach § 15 Abs. 1 — ja/nein[1])

[3] Anzahl der amtlichen Personendosimeter (nach Angabe): — (nicht) ausreichend

[3] Anzahl der Stabdosimeter (nach Angabe): — (nicht) ausreichend

[2] Strahlenschutzzubehör für den Bereich: — (nicht) ausreichend

Schutzschürzen ..... mm Bleigleichwert
Schutzschürzen ..... mm Bleigleichwert
Schutzmäntel ..... mm Bleigleichwert
Schutzmäntel ..... mm Bleigleichwert
Schutzhandschuhe ..... mm Bleigleichwert
bewegliche Schutzwand ..... mm Bleigleichwert

[2] Patientenschutz nach DIN 6813 — (nicht) ausreichend

Schaltgerät I — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Hochspannungserzeuger I — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Schaltgerät II — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Hochspannungserzeuger II — Herst.:
Typ: — Fabr.-Nr.:

Bemerkungen (u. a. Einfluß weiterer Strahlenquellen):

1) Nicht Zutreffendes streichen.

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 3

Röntgen-Durchleuchtungseinrichtung

Hersteller:

Schaltgerät: Hochspannungserzeuger: (s. Blatt 2)

Röntgenröhre: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

Röhrenschutzgehäuse: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

[1] Bauartzulassung-²)/prüfung Zulassungs-/Prufungszeichen: ja/nein

Maximale Werte für Durchleuchtung: ..... kV ..... mA

Bildverstärker ja/nein

Fernseheinrichtung ja/nein

Automatische Helligkeitsstabilisierung ja/nein

Einrichtung für Zielaufnahmen vorhanden ja/nein

B. Prüfung der technischen Strahlenschutzvorkehrungen

[1] Mängel an bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen (Sichtprüfung) ja/nein

[2] Mängel am Strahlenschutzzubehör ja/nein

[2] Mängel an Schutzkanzel mit ..... mm Pb-Gleichwert (Sichtprüfung) entfällt/ja/nein

[2] Mängel am Bleigummi-Vorhang ..... mm Pb-Gleichwert (Sichtprüfung) entfällt/ja/nein

[2] Mängel an Bleiglasscheibe vor Leuchtschirm mm Pb-Gleichwert (Sichtprüfung) entfällt/ja/nein

[2] Eigenfilterung lt. Aufschrift $> 1{,}5$ mm Al bis 70 kV $>$ 2 mm Al über 70 kV (ab 1972) oder
[2] $>$ 1 mm Al bis 60 kV, über 60 kV $>$ 2 mm Al (vor 1972) } ja/nein

[2] Halterung für Zusatzfilter (ab 70 kV) vorhanden entfällt/ja/nein

[2] Blendeneinstellung vor Einschalten erkennbar ja/nein

[1] Brennfleck-Hautabstand $\geq$ 30 cm ja/nein

[2] Röhrenspannung und -stromstärke ständig erkennbar entfällt/ja/nein

[2] Automatische Dosisleistungsregulierung in Ordnung (Kontrolle laut Angabe des Herstellers) entfällt/ja/nein

2) Entfällt bei Anlagen, die vor dem 1. 9. 1973 in Betrieb genommen wurden.

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 4

[2] Erkennbare Durchleuchtungsanzeige am Arbeitsplatz oder Tastschalter für Durchleuchtung ja/nein

[2] Kleinste Blendeneinstellung $\leq$ 5 mm × 5 mm ja/nein

[1] Abschirmung um Leuchtschirm/Bildverstärker bei 25 cm Stützwandabstand allseitig 3 cm größer als Nutzstrahlenfeld (größte Blende) ja/nein

[2] Einstellung und Funktion der automatischen Formateinblendung für Zielaufnahmen und Bildverstärker in Ordnung (Kontrolle laut Angabe des Herstellers) entfällt/ja/nein

[2] Kontrolle der Einschaltzeit durch Zeitmesser ja/nein

[2] Kontaminationsmöglichkeit durch radioaktive Leuchtfarben ja/nein

Bemerkungen:

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 5

Röntgen-Aufnahmeeinrichtung

Schaltgerät: Hochspannungserzeuger: (s. Blatt 2)

Röntgenröhre: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

Röhrenschutzgehäuse: Herst.:
Typ: Fabr.-Nr.:

[1] Bauartzulassung-²)/prüfung Zulassungs-/Prüfungszeichen: ja/nein

Maximalwerte für Aufnahmen: ..... kV mit .... mAs, ... kV mit .... m

Anwendungsgerät: Hersteller:

Anwendungsgerät: Hersteller:

Anwendungsgerät: Hersteller:

B. Prüfung der technischen Strahlenschutzvorkehrungen

[1] Mängel an bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen (Sichtprüfung) ja/nein

[2] Mängel am Strahlenschutzzubehör (Sichtprüfung) ja/nein

[2] Eigenfilterung laut Aufschrift $> 1{,}5$ mm Al bis 70 kV, $>$ 2 mm Al über 70 kV (ab 1972)³) ja/nein

[2] Eigenfilterung laut Aufschrift $>$ 1 mm Al bis 60 kV, über 60 kV $>$ 2 mm Al (vor 1972)³) ja/nein

[2] Lichtvisierblende oder geeignete Tubusse vorhanden ja/nein

[2] Vorrichtung für Zusatzfilter (ab 70 kV) vorhanden entfällt/ja/nein

[2] Auslöseschalter $\geq$ 2,5 m (1,5 m bei transportablen Geräten) vom Röntgenstrahler und Patienten entfernt oder hinter Abschirmung ja/nein

[2] Röhrenspannung erkennbar oder bei fester Einstellung erkennbar angegeben ja/nein

[2] Röhrenstrom und Belichtungszeit bzw. Elektrizitätsmenge erkennbar oder Belichtungsautomatik oder bei fester Einstellung Rohrenstrom erkennbar angegeben ja/nein

[2] Zusätzliche Belichtungsabschaltung nach $<$ 10 s oder 1500 mAs (ausgenommen Kinematographie) entfällt/ja/nein

2) Entfällt bei Anlagen, die vor dem 1. 9. 1973 in Betrieb genommen wurden.

3) Bei Weichstrahltechnik s. DIN 6811, 3.7.3.

Prüfbericht Nr. ..... Blatt 6

[2] Einstellung und Funktion der automatischen Formateinblendung in Ordnung (Kontrolle lt. Angabe des Herstellers) entfällt/ja/nein

[2] Ausreichende Übereinstimmung von Strahlen- und Lichtvisierfeld (Testaufnahme, Abweichung an keiner Stelle größer als ± 4 % des Brennfleck-Film-Abstandes) ja/nein

[2] Kontaminationsmöglichkeit durch radioaktive Leuchtfarben ja/nein

Bemerkungen:

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

/ 1 / Röntgenverordnung: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen
Bundesgesetzblatt Teil I
173-190 (1973)

/ 2 / Umwelt - Radioaktivität und Strahlenbelastung:
Jahresberichte der Bundesregierung
letzter Bericht für das Jahr 1975
BMI

/ 3 / Mehl,G.: Die Strahlenbelastung in der Bundesrepublik Deutschland
Kerntechnik 20.5, 221-225 (1978)

/ 4 / Stieve,F.-E.: Neue technologische Entwicklung in Konkurrenz mit der Röntgendiagnostik um die zivilisatorische Strahlenbelastung des Menschen
Fortschr. Röntgenstr. 125.2
97-111 (1976)

/ 5 / Atomgesetz: Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren
Bundesgesetzblatt Teil I
3053-3071 (1976)
in der Fassung der Bek. vom 31.10.1976

/ 6 / Strahlenschutzverordnung: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
Bundesgesetzblatt Teil I
2905-2995 (1976)

/ 7 / Richtlinie für Strahlenschutzprüfungen nach §4 Abs.1 der Röntgenverordnung:
Bek. des BMJFG und des BMA
vom 2.1.1974

/ 8 / DIN 6811: Medizinische Röntgeneinrichtungen bis 300 kV, Strahlenschutzregeln für die Herstellung Beuth-Verlag, (1972)

/ 9 / DIN 6812: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV, Strahlenschutzregeln für die Errichtung Beuth-Verlag, (1976)

/ 10 / DIN 6813: Strahlenschutzzubehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlen bis 300 kV, Regeln für die Herstellung und Benutzung Beuth-Verlag, (Entwurf Okt.1976)

/ 11 / DIN 6815: Strahlenschutzprüfungen in medizinischen Röntgenbetrieben, Regeln für die Prüfung des Strahlenschutzes nach Errichtung medizinischer Röntgenanlagen bis 300 kV Teil 2, Beuth-Verlag, (Sept. 1978)

/ 12 / Stender,F.: Med.Diss. Universität Düsseldorf (in Arbeit)

/ 13 / Ewen,K., B.J.O.Fiebach, R.Weber: Zur Durchführung der Belehrung nach Paragraph 41 Röntgenverordnung Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1979)

/ 14 / ICRP - Heft 16: Schutz des Patienten in der Röntgendiagnostik Deutsche Ausgabe herausgegeben vom Bundesgesundheitsamt Berlin Fischer-Verlag, 15 (1974)

/ 15 / ICRP - Publication 26: Pergamon Press, Oxford-New York-Frankfurt, (1977)

/ 16 / Laws,P.W., M.Rosenstein: A somatic dose index for diagnostic radiology Health Physics 35.5 629-642 (1978)

/ 17 / Sherman,G.J., G.R.Howe, A.B.Miller, M.Rosenstein: Organ dose per unit exposure resulting from fluoroscopy for artificial pneumothorax Health Physics 35.2 259-269 (1978)

/ 18 / Steiner,H.: Med.Diss. Universität Düsseldorf (in Arbeit)

/ 19 / Ewen,K.: Daten und Fakten zum Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik VDGAB - Nachrichten 77 2-10 (1975) und die darin angegebenen Literaturstellen

/ 20 / Ewen,K., G.Schmitt: Grundlagen des praktischen Strahlenschutzes Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 160 (1975) und die darin angegebenen Literaturstellen

/ 21 / Lackner,K., K.Ewen, R.Felix: Die Strahlenexposition des Untersuchers bei Angiographien Fortschr. Röntgenstr. 128.1 86-90 (1978)

/ 22 / Ewen,K., G.Schmitt, E.Heissen: Die Größenordnung der Strahlenbelastung des Untersuchers in der Röntgendiagnostik und gegenwärtige Kriterien zu ihrer Bewertung Fortschr. Röntgenstr. 118.6 715-720 (1973)

/ 23 / Ewen,K., H.G.Wahl: Die Strahlenbelastung des Unfallchirurgen beim Arbeiten mit dem Chirurgischen Bildverstärker Röntgenpraxis 29.7 163-165 (1976)

/ 24 / Vallo,G.: Med. Diss. Universität Düsseldorf (in Arbeit)

/ 25 / Evers,R., M.Römer: Vergleichende Untersuchungen über die unterschiedliche Strahlenbelastung bei Film- und Xeroradiographie Fortschr. Röntgenstr. 123.1 69-72 (1975)

D A N K S A G U N G

Herrn Prof. Dr. med. D. Günther danke ich für die Überlassung des Themas und sein förderndes Interesse an meiner Arbeit.

Besonderer Dank gebührt dem Dienststellenleiter der Zentralstelle für Sicherheitstechnik, Strahlenschutz und Kerntechnik, Herrn Lt. RD Dr.Haack, für die Erlaubnis, die Auswertung der Prüfberichte der Sachverständigen des Landes Nordrhein-Westfalen in den Diensträumen der ZfS durchzuführen.

Außerdem danke ich an dieser Stelle ganz besonders Herrn ORR Dr. K. Ewen für die freundliche Unterstützung bei der Planung, Anfertigung und Korrektur dieser Arbeit.

L E B E N S L A U F

Am 5.10.1956 wurde ich, Dorothee Sprenger, als Tochter des Pastors Hans Sprenger und seiner Frau Charlotte, geb. Hischemöller, in Ibbenbüren geboren. Im April 1957 zogen wir nach Soest in Westfalen, wo ich von 1963 - 1966 die Grundschule und anschließend das Staatliche Archigymnasium besuchte. Im Juni 1975 absolvierte ich das Abitur und begann im folgenden Wintersemester das Studium der Medizin an der Universität Düsseldorf. Im August 1977 bestand ich die Ärztliche Vorprüfung, und im August 1979 bzw. 1980 legte ich den ersten und zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung ab.